

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

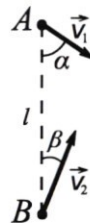
Класс 09

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

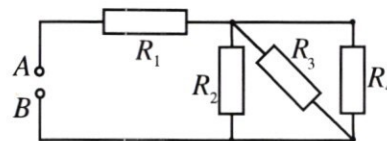
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

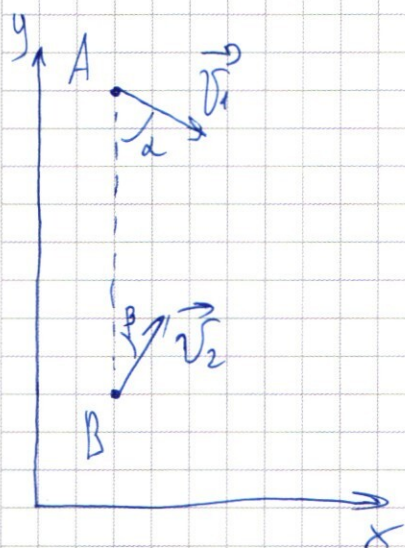
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Задача №1

чтобы торпеда попала в цель
она всегда должна быть на
одной той же координате
по OX, что и корабль $\Rightarrow$

$$v_1 \cdot \sin \alpha \cdot t = v_2 \cdot \sin \beta \cdot t$$

$$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \sin 60}{20 \text{ м/с}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

П.к по OX они всегда на одной координате, то расстояние между ними всегда выражается только из OY:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

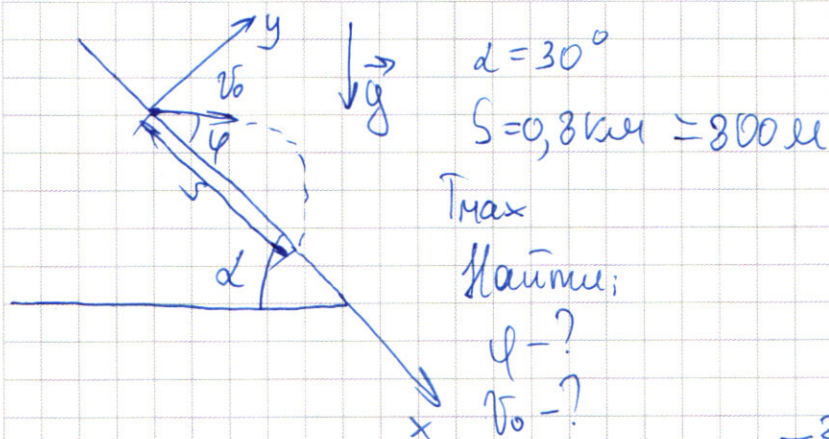
$$v_1 \cdot \cos \alpha \cdot T + v_2 \cdot \cos \beta \cdot T = (l - S)$$

$$T = \frac{l - S}{v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta} = \frac{1000 - 776}{10 \cdot \cos 60 + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{224}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}}$$

$$\sqrt{13} \approx 3,6 \Rightarrow T = \frac{46}{1 + 3,6} = 10 \text{ с.}$$

Ответ: 1) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

2) $T \approx 10 \text{ с.}$



$$OY: v_0 \cdot \sin \varphi \cdot T - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{2} = 0$$

отн T : парабола ветвями вниз $\Rightarrow$

$$\Rightarrow T_{\text{max}} = \frac{-b}{2a} = \frac{-\sin \varphi \cdot v_0}{2 \cdot \left(-\frac{g \cdot \cos \alpha}{2}\right)} = \frac{\sin \varphi \cdot v_0}{g \cdot \cos \alpha} \Rightarrow$$

чтобы время было максимальным, то

$\sin \varphi$ должен быть максимальным $\Rightarrow \sin \varphi = 1$

$$\varphi = 90^\circ$$

$$OX: v_0 \cdot \cos \varphi \cdot T + \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot T^2}{2} = S$$

$$T = \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 800}{10 \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{320} = 8\sqrt{5} \text{ с}$$

$$OY: v_0 \cdot \sin \varphi \cdot T = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T}{2} = \frac{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 8\sqrt{5}}{2 \cdot 2} = 20\sqrt{15} = 20 \cdot 3,9 = 78 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{15} \approx 3,9$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$
 2) $v_0 = 78 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

Дано:

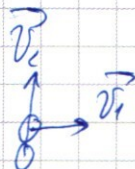
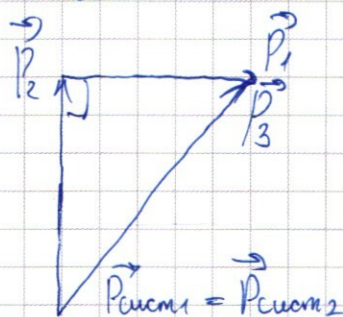
$$v_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 80 \text{ м/с}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Решение:



$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3, \text{ т.к. } p_3 \text{ гипотенуза} \Rightarrow$$

т.к.

$$p_1^2 + p_2^2 = p_3^2$$

$$(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv_3)^2$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v_3^2$$

$$\sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}} = v_3$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{60^2 + 80^2}{2}} = \frac{\sqrt{10000}}{2} = 50 \text{ м/с}$$

$$E_1 + E_2 = E_3 + Q \quad \text{т.к. нет внешних воздействий}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv_3^2}{2} + mC\Delta t$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 2v_3^2 + 2C\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v_3^2}{2C} = \frac{60^2 + 80^2 - 2 \cdot 50^2}{2 \cdot 130} = \frac{5000}{2 \cdot 130} = \frac{2500}{130} \approx$$

$$\approx 19,2^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $v = 50 \text{ м/с}$

2) $\Delta t = 19,2^\circ\text{C}$

Задача №5
Решение: с

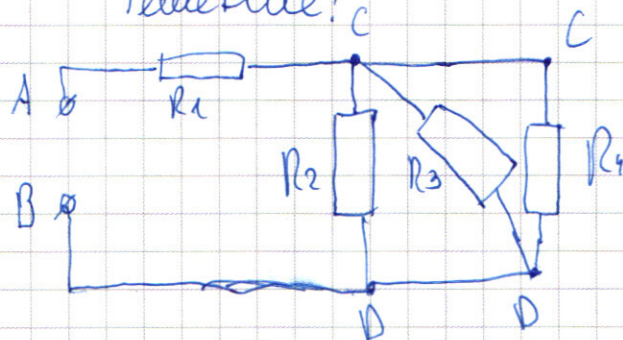
Дано:

$$R_1 = 3\Omega$$

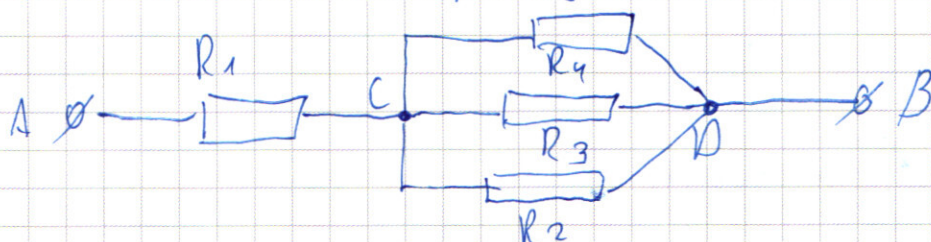
$$R_2 = R_3 = 2\Omega$$

$$R_4 = 4\Omega$$

$$U_{AB} = 38\text{В}$$



перерисуем схему.



$$R_{AB} = R_1 + \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = 3\Omega + \left(\frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{2\Omega} \right)^{-1} = 3\Omega + \left(\frac{5}{4\Omega} \right)^{-1} =$$

$$= 3\Omega + \frac{4}{5}\Omega = \frac{19}{5}\Omega, \text{ при } r = 10\Omega \quad R_{AB} = 38\Omega$$

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{38\text{В}}{38\Omega} = 1\text{А} \Rightarrow U_1 = I_1 \cdot R_1 = 1\text{А} \cdot 3 \cdot 10\Omega = 30\text{В}$$

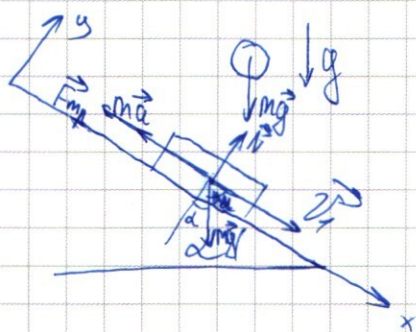
$$U_2 = U_3 = U_4 = U_{AB} - U_1 = 38\text{В} - 30\text{В} = 8\text{В} \Rightarrow$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{8\text{В}}{4 \cdot 10\Omega} = \frac{2}{10}\text{А} = 0,2\text{А}.$$

Ответ: 1) $R_{AB} = \frac{19}{5}\Omega$

2) $I_4 = 0,2\text{А}$ при $r = 10\Omega$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Задача №3

м.к. $v_k = 0 \Rightarrow$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} = \sqrt{0,16} = 0,4 \text{ с.}$$

$$v_k = v_k + gt$$

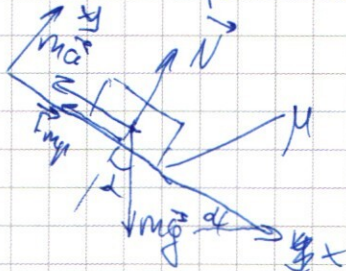
$$v_k = gt = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,4 \text{ с} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v_2 = 4 \text{ м/с.}$

перед ударом
при падении

~~чтобы шарик оставался в покое, чтобы~~
 ~~$\sum F_{\text{по } Ox} = 0 \Rightarrow$~~ ~~$-Ox: ma + mg \cdot \sin \alpha = 0$~~
 ~~$ma + mg = 0$~~ ~~$a = g \cdot \sin \alpha$, при α наклон ~~вниз~~~~

Рассмотрим ситуацию, когда ехал только брусок.



$$Oy: \cancel{mg} \quad ma + F_{\text{fr}} + N + mg = 0$$

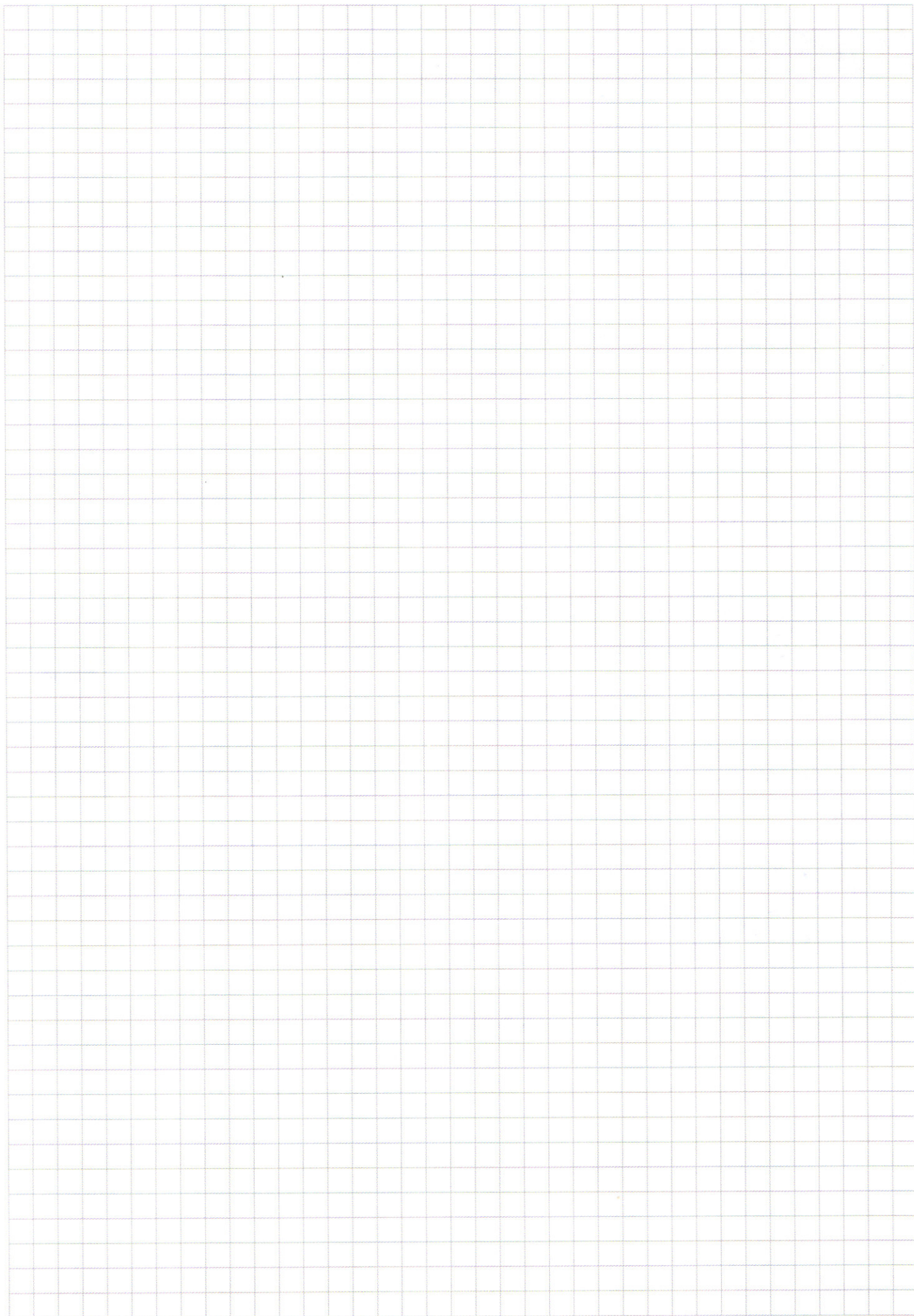
$$Oy: -mg \cdot \cos \alpha + N = 0$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

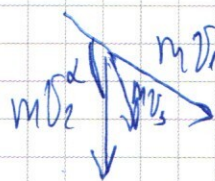
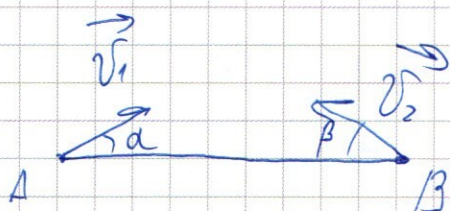
$$Ox: mg \cdot \sin \alpha - \mu \cdot N = -ma$$

$$ma = \mu N - mg \cdot \sin \alpha = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a = (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \cdot g$$



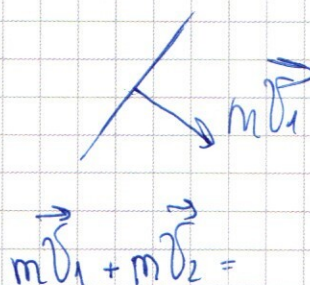
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_1 \cdot \cos \alpha \cdot t + v_2 \cdot \cos \beta \cdot t = l$$

$$v_1 \cdot \sin \alpha \cdot t = v_2 \cdot \sin \beta \cdot t$$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 20} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$



$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_1 \cdot \cos \alpha \cdot T + v_2 \cdot \cos \beta \cdot T = l - S$$

$$T = \frac{l - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{230}{10 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{230}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} = 10 \text{ с.}$$

$$v_2 \sin \alpha = 0$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 365 \\ \times 365 \\ \hline 1825 \\ 2190 \\ \hline 133225 \end{array}$$

$$v = gt$$

$$v_{\text{total}} = v_1 + v_2 \sin \alpha$$

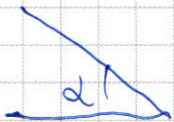
$$a \cdot t = \frac{v_1 + v_2 \sin \alpha}{t}$$

$$\begin{array}{r} 362 \\ \times 362 \\ \hline 2172 \\ 1086 \\ \hline 131094 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\mu \cos \alpha \geq \mu \sin \alpha$$

$$\frac{v}{dt}$$

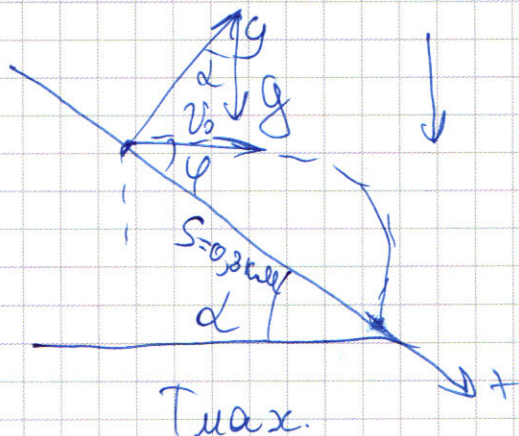


$$\frac{38}{38}$$

$$\begin{array}{r} 39 \\ 39 \\ \hline 351 \\ 117 \\ \hline 1521 \end{array}$$

$$\frac{38}{38}$$

3



$$\begin{aligned} T_0 &= \frac{T \cdot g \cdot \cos \alpha}{\sin \varphi} = \\ &= \sqrt{80} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{5} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\sqrt{15} \end{aligned}$$

78 39
3,9
78 м/с

$$Ox: v_0 \cdot \cos \varphi \cdot T + \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot T^2}{2} = S$$

$$Oy: v_0 \cdot \sin \varphi \cdot T - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{2} = 0$$

Max $\Rightarrow T = \frac{-b}{2a} = \frac{-v_0 \cdot \sin \varphi}{2 \cdot (-\frac{g \cdot \cos \alpha}{2})} = \frac{v_0 \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha} \Rightarrow$

$$T_{\max} \text{ при } \sin \varphi_{\max} \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$

$$v_0 = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{2 \cdot \sin \varphi \cdot T} = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T}{2 \cdot \sin \varphi} = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi \cdot v_0}{2 \cdot \sin \varphi \cdot g \cdot \cos \alpha}$$

~~≠~~

$$v_0 = \frac{S - \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot T^2}{2}}{\cos \varphi \cdot T}$$

$$v_0 \cdot T = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{2}$$

$$\begin{aligned} \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot T^2}{2} &= S \\ T &= \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{800}{10}} = \\ &= \sqrt{80} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m v_1 + m \sin \alpha \cdot \Delta z = \mu m g \cdot \cos \alpha$
 $h = \frac{g t^2}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} = \sqrt{0,16} = 0,4 \text{ c.}$
 $\Delta z = g t = 10 \cdot 0,4 \text{ c.} = 4 \text{ м/с.}$

$y \cos \alpha > 2 \sin \alpha$

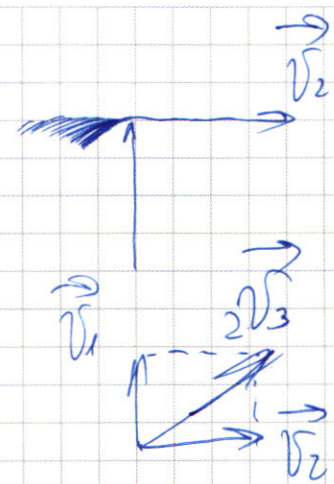
$\vec{m} \vec{a}_1 + \vec{m} \vec{a}_2 = 0$

$m a + m g \cdot \cos \alpha = 0$
 $a = -g \cdot \sin \alpha$
 $a = g \cdot \sin \alpha$

$m g \cdot \cos \alpha - \mu m g \cdot \sin \alpha = -m a$

$m g \cdot \sin \alpha = N$
 $F_{тр} = \mu m g \cdot \sin \alpha$
 $2 m g \cdot \cos \alpha - \mu 2 m g \sin \alpha = 0$
 $F_{тр} = 2 m g \cos \alpha$
 $\mu 2 m g \sin \alpha > 2 m g \cos \alpha$
 $\mu \sin \alpha > \cos \alpha$

$m g \cdot \sin \alpha - \mu m g \cdot \cos \alpha = -m a$
 $2 m g \sin \alpha - \mu 2 m g \cos \alpha = -m a$
 $g \cdot \cos \alpha - \mu g \cdot \sin \alpha = -a$
 $a = g (\sin \alpha - \cos \alpha)$



$$\vec{p}_1 = m\vec{v}_1$$

$$\vec{p}_2 = m\vec{v}_2$$

$$2m \cdot a \cdot t = m \cdot v_1 + m \cdot v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$2a \cdot t = v_1 + v_2 \sin \alpha$$

$$2m \cdot \frac{F_{mat}}{2} = m \cdot v_1 + m \cdot v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$F_{mat} = v_1 + v_2 \sin \alpha$$

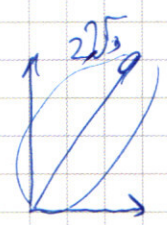
$$F \cdot S$$

$$m \cdot a \cdot S$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 2m \vec{v}_3$$

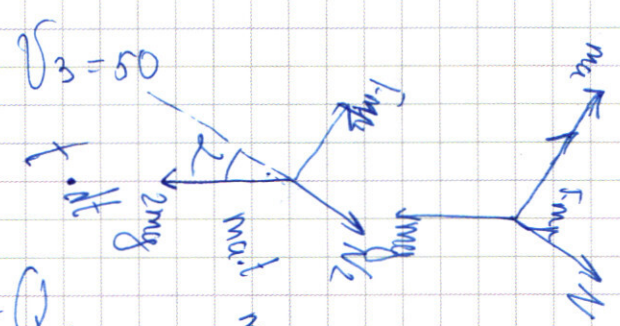
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3$$

$$\sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 2v_3$$



$$v_2^2 + v_1^2 = v_3^2$$

$$v_3 = \sqrt{6400 + 3600} = 100 \text{ м/с}$$



$$A_1 + A_2 = A_3 + Q$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2m v_3^2}{2} + m C \cot$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 2v_3^2 + 2C \cot$$

$$F_{mat} = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{mat} = 2mg \cdot \sin \alpha$$

$$U = \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 30$$

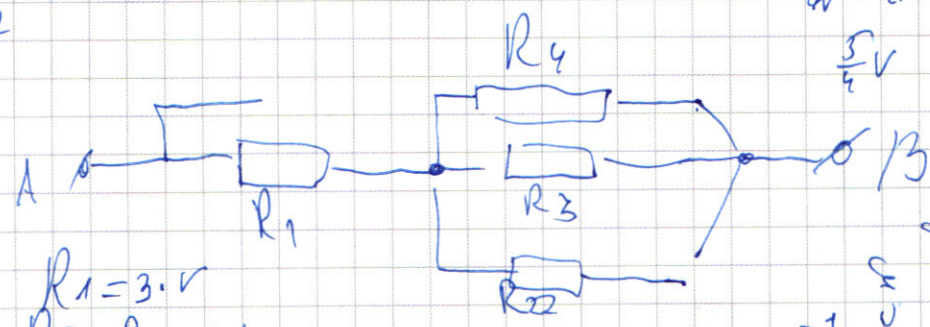
$$\frac{8}{40} = 0,2 \text{ A. } t_{\text{ср}} \quad 10000 - 5000 = 2C \cot$$

$$\Delta t = \frac{2500}{130} = \frac{250}{13} = 19,2^\circ \text{C.}$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 13} \\ -13 \\ \hline 120 \\ -117 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$U = 1 \text{ A.}$$

$$v = 100 \text{ м}$$



$$R_1 = 3 \cdot r$$

$$R_2 = R_3 = 2 \cdot r$$

$$R_4 = 4 \cdot r$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1}$$

$$R_{AB} = 3 \frac{4}{5} r$$

$$\frac{1}{\frac{1}{3r}} + \frac{1}{\frac{1}{2r}} + \frac{1}{\frac{1}{2r}} = \frac{5}{2r}$$

$$\mu mg \cos \alpha = 2mg \sin \alpha$$

$$\mu \cos \alpha = 2 \sin \alpha$$

$$\mu = 2 \operatorname{tg} \alpha$$